電腦在設施園藝上之應用

黃 裕 益*

The Application of Computer on Horticultural Production under Structure

Yuh-Yih Hwang *

摘 要

由於電腦科技的發展，隨著功能的多元化，價格低廉化及使用大衆化，電腦在設施園藝較發達的國家已普及使用。目前電腦應用於園藝設施有兩主要方向，一爲溫室結構之設計，另一爲省能源，高作業效率之經營管理，本文以此爲重點，介紹電腦應用在設施園藝之現況及導入時應注意之事項。

一、前 言

園藝技術的組成可歸納分爲硬體及軟體兩種。硬體包括園藝設施、園藝資材、肥料、農藥、作物、機械等眼睛所看得到及手能觸摸到的物體。軟體爲作物型、種植體系、栽培管理法、經營管理法等只能以文字、語言、圖形來表現出內容的相關知識、經驗。軟體即爲有效的利用硬體及其他資源（人員、氣象、資金、生物等）之技術，而電腦應用在設施園藝上的意義亦即園藝技術的軟體部分由電腦來代行，以達成農業生產中充分利用生物的遺傳特性及環境，並使人工資源的消費爲最低，來得到對人類有益生產物的最大量之目標。

電腦除具有人類所欠缺的高速演算機能外，利用其邏輯判斷，記憶機能及資料的輸入可用以處理資料，並可控制動力機械，於園藝技術上一些煩雜、反複或人們較易疏忽的作業可以藉程式的製作，指令電腦協助經營者來完成。電腦可能應用於設施園藝的範圍如表一所示，其中首先應用於研究方面，而目前推廣實用化也僅限於溫室環境管理、選果等少數項目，今後在基於省能源、省力、省資源的前提下，來達成增大收益的設施園藝目的，勢必更加依賴電腦的利用。表二爲設施園藝經營應用電腦所能預期之效果。近年來，我國電腦科技日漸蓬勃，電腦機體價格也漸低廉，隨著電腦使用大衆化，在設施園藝發展潮流趨使下，本省設施園藝亦將邁入電腦化經營的時代。

*台灣大學農業工程系助理。
Assistant, Department of Agriculture Engineering, National Taiwan University.

表一　電腦於設施園藝上可能應用的範圍[2]

大分類	小分類
計畫、預測	播種、栽培、收穫、經營。
設計	溫室、冷暖氣、裝置、機械、電照。
管理、控制	溫室環境、施肥、噴藥、灌溉、搬運、簿記、資產、作業、收穫、調整、選果、貯存。
診斷、分析	經營、土壤、作物營養、肥料、病虫害。
資訊檢索	市況、產地、產品、氣象、文獻、研究、統計、經濟。
教育	栽培法、控制法、診斷法。
通信	電腦網路系統。

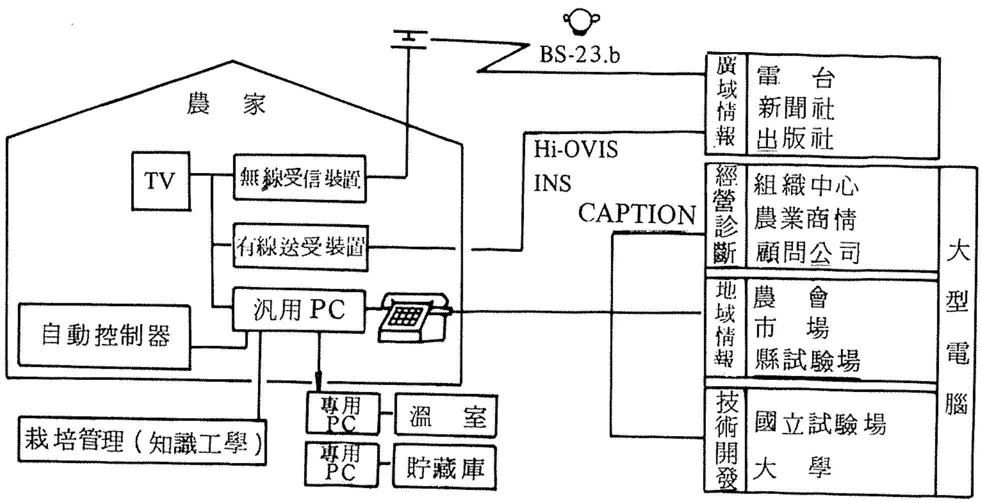
表二　應用電腦所能期待之效果[2]

	效果	備考
1	省力化	委付電腦作業。
2	省能源化	省却浪費的作業、動作。
3	合理化	正確的判斷資料。
4	迅速化	情報快速獲得、活用。
5	費用節減	節約農業生產材料及人工。
6	收量增大	適性的栽培管理。
7	收益增大	適性種植、適當販賣。
8	視覺化	容易理解圖表的提供。
9	發展性	利用程式的改變。
10	充實化	愉快的作業。

二、電腦種類及利用法

電腦種類的分類法很多，簡單的可依其儲存容量大小分為大型、中型、小型電腦及個人電腦。大型、中型、小型電腦通常設置於農會、縣市政府、試驗所、學校研究機關等，目前農業生產者直接利用的機會相當少，將來可於農家裝置終端設備以電話線路與電腦連線便可利用。而農業經營上以個人電腦的利用為主，個人電腦又可分為汎用個人電腦和專用個人電腦兩類，汎用個人電腦為一般之個人電腦，利用目的並沒有限定，可依不同目的製作程式多目標使用，也可兼使用為與大型電腦連線的終端設備。專用個人電腦則為使用目的僅限為單項的微處理機。

對於各型電腦的機能各有適宜的使用目的，於表一中，資訊檢索以利用終端設備與小型以上電腦機種連線的地方最多。計畫預測、設計、診斷分析、教育及簿記、資產、作業管理以汎用個人電腦的利用為主。溫室管理、收穫、調整一般則利用專用個人電腦。圖一為將來在園藝經營上電腦利用形態之藍圖。將來農家對於電腦的利用形成系統化，在溫室群的各棟溫室內設置溫室環境管理的專用個人電腦，農家自宅設置統括管理的汎用個人電腦，蒐集、整理資料，以通信系統及大型電腦的連線做資料的傳遞，連接成一電腦網路系統，農家對電腦的利用不僅於營農活動，在農學教育、農學研究、普及活動及民間公司的營業活動都將充分利用。



圖一　將來農家電腦利用形態藍圖(2)

三、溫室設計

溫室設計包括溫室結構設計、光環境設計及附屬設備等項。以個人電腦能夠使用於溫室設計之種類及其所需輸入之資料及輸出結果列如表三。

表三　個人電腦應用於溫室設計之種類(5)

項目	計算種類	輸入	輸出
溫室結構設計	結構設計	建坪、形狀、荷重、材料特性	結構體各構件之尺寸。
光環境	幾何計算	建地位置、構造、灯光的種類及位置。	光透過率(各時間之分布及平均值)、照度分布。
通風設計	熱收支及流體計算	室外氣溫、濕度、日射量及室內設定溫、濕度條件。	換氣量、天窗、側窗面積及通風扇容量。
冷却設計	熱收支計算	同上	換氣量、噴霧量或冷氣負荷量
暖氣設計	同上	外氣候、被覆材料、保溫法。	暖氣負荷量、方法及適當的被覆法。
省能源設計	同上	同上	機器容量及運轉方式。
溫室控制	模擬(simulation)	外氣象條件、室內設定條件。	室內溫、濕度之變化。

上列設計若能使用電腦來協助，不僅加快計算速度，節省大量人工，且一般農業生產者只需稍具有設計理念，便可依現成的程式軟體做溫室設計。以溫室結構設計爲例，設計之流程爲：

1. 建造者(農家)之經濟條件，栽培管理上之條件、希望，建築預定地之地理、氣候條件的商討、調查。
2. 所希望溫室之性能(如透光率)及必要具備之條件(如設計基準)的決定。
3. 溫室的決定(大小、形狀、必要構材尺寸的假定)。

4. 檢查 3. 的結果是否滿足 2. 之性能及條件。

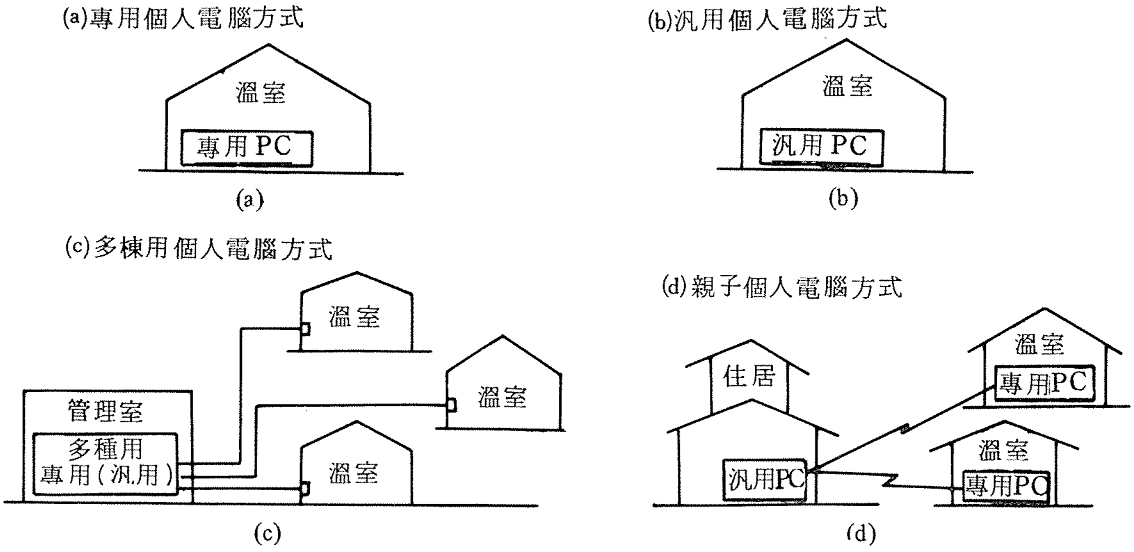
5. 4. 的檢查不滿足時，反覆 3. 、 4. 之步驟，直到滿足之結果。

6. 以得到之結果作成設計書。

平常以人工計算時，設計者必需在 3. 、 4. 步驟反覆的施行，先依其經驗判斷來假定一組數值，而後逐次修正來得到滿足條件的結果。其次再以同樣的方法、步驟，求得一樣能夠滿足條件的結果三～四組，再於其中選擇一組最經濟的結果作成設計書。類似這種需要多重計算過程及反覆施行步驟的問題，最能讓電腦發揮其機能，且實際上能夠滿足的結果可能有無數多組，依人工判斷得到的結果不能保證為事實上最經濟的組合，用作業研究（OR）求最佳解的理論製作程式，可由電腦很快求得最經濟的設計。最後，設計的結果也可以用電腦製圖。將來把溫室設計的程式用對話型系統書寫，只要在一問一答之間便可完成整個溫室設計的作業，交付施工。

四、環境管理

園藝設施上目前電腦於環境管理的利用最為普及，利用方式可區分為圖二之四種方式，而現在市面上推出販賣的系統幾乎都為(A)方式之專用個人電腦，操作法容易而無法使用至別種用途。(B)～(D)的方式現只用於研究試驗機構，軟體的融通性較高，於環境管理軟體或週邊設備硬體的改變較容易，也可多目的使用，今後將較為普及應用。



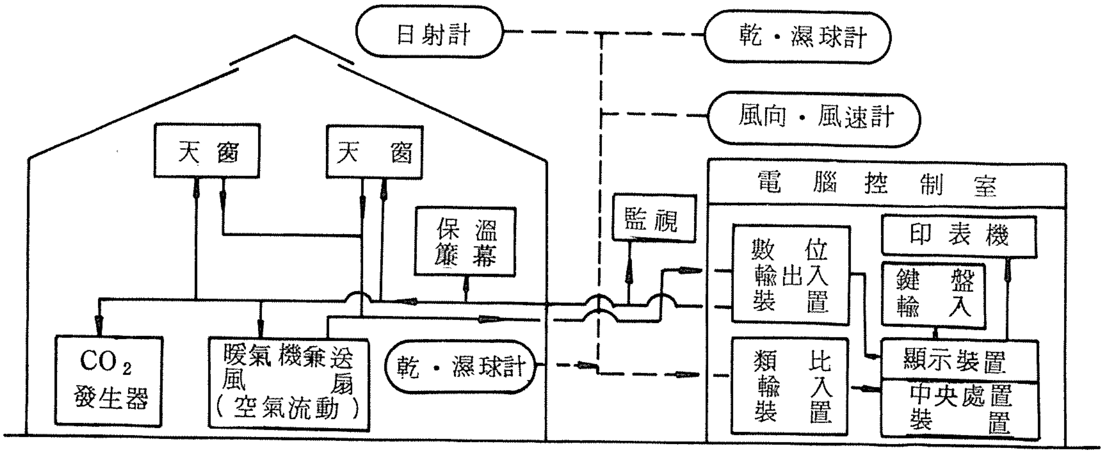
圖二 溫室環境管理之個人電腦利用方式 (1)

以個人電腦行環境管理可分為單項環境管理及總合環境管理。單項環境管理只控制單項環境因子。總合環境管理利用的設施園藝對象限於至少須裝備有暖氣、換氣及保溫用室內可動簾幕，其較簡單的硬體構成如圖三。總合環境管理共可分為三項機能：

1. 複合環境控制。

2. 緊急事態處理。

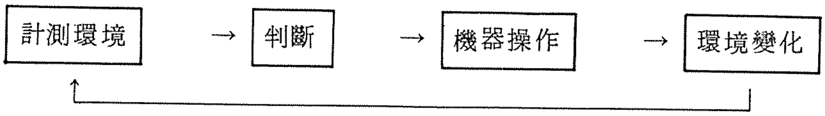
3. 資料蒐集、解析。



圖三 專用個人電腦溫室總合環境管理系統之硬體構成[1]
(實線:數位輸出入　　虛線:類比輸出)

(一)複合環境控制

複合環境控制爲兩種以上的環境因子(如室溫、CO_2濃度等)的控制目標範圍隨時刻共同改變時,一種以上的環境控制器(如暖氣機、換氣裝置等)合理的操作,在限制的條件下,控制上述的環境因子的狀態值在一定範圍內。其操作流程如下:



先測定環境(室內外溫度、濕度、日射量、CO_2濃度、土壤水分、室外風速、日射量等)。根據所測定之環境因子各值由電腦計算要改變環境使它達到溫室內環境設定值時,是否需開閉暖氣或冷氣機、開閉氣窗或簾幕,加CO_2量及是否需灌溉等。若有需要再由電腦命令機器操作,此時室內環境就開始變化。再經計測、判斷、操作等循環手續,繼續操作直到環境設定值爲止,複合環境控制之機能列於表四。由於(1)作物的最適溫度、最適濕度、最適CO_2濃度依日射量、生育階段變化。(2)作物的最適環境並非一定值,而都在一般範圍。(3)環境因子的大小可由其他環境因子的大小得到補償,如CO_2濃度低時,若加大氣流速度可提高CO_2濃度。(4)作物生產的目標並非只求收量最大,亦需求其收益最大,而依生產成本消費及市場價格的變動,最適環境的範圍也有相異。故溫室內最適環境的決定,至今尙無法以數理模式來控制,而需以半經驗的由利用者來訂定各環境因子之範圍。且植物生長環境也隨著時間在變化,所以機器忽開忽閉永無停止,易致機器發生故障,故爲防止機器頻繁的運作,把每日環境設定値分時間帶設定,在每個時間帶內每隔一指定時刻操作,以減少機器的運作,例如日本ESD公司的Green-Micom溫度控制的時間帶區分及設定法爲:

時間帶		開　始　條　件	上限（窗開放）	下限（暖氣）
1	早　晨	指定時刻或日射量在0.02 ly以上時	指定溫度（　）	指定溫度（　）
2	上　午	指　定　時　刻	指定溫度（　）	指定溫度（　） （相同值）
3	下　午	12：00（固定）	指定溫度（　）	
4	前半夜	指定時刻或日射量在指定值以下時	指定溫度（　） （相同值）	指定溫度（　）
5	後半夜	指　定　時　刻		指定溫度（　）
6	深　夜	指　定　時　刻		指定溫度（　）

㈡緊急事態處理

環境因子的狀態值有異常現象（如非操作時刻溫度過低）及環境控制器有異常（換氣窗開閉裝置或暖氣機的故障等）時，在自宅或作業現場裝置的警鈴或灯號顯示信號警告，讓經營者立即前往處理，印表機並記錄異常狀態。進一步也可做些應急措施，如強風時雖室溫在設定範圍之內，關閉天窗防止天窗破壞。這項機能使經營者能安全的栽培也減輕其心理負擔。

㈢資料蒐集、解析

環境因子的狀態值、控制環境機器的動作等以灯號或數字顯示，並以記錄紙記錄。這些資料可由經營者加以解析，做為將來改善環境管理法之依據。

表四　　複合環境控制之機能[1]

重要度	機　能	重要度	計　測　因　子	機　器	備　考
A（基本機能）	1. 換 氣	a	室　溫 屋外日射量	天窗、側窗，開閉用馬達或換氣扇。	・比例控制或多段式控制。
		b	外 氣 溫 風向、風速 降雨、降雪 室內外濕度	同　上	・依風向、風速、降雨、降雪變更換氣窗開度的上下限。 ・換氣也考慮濕度及CO_2濃度
	2. 保 溫	a	室　溫	保溫用簾幕 開閉用馬達	・一層或二層簾幕。
		b	屋外日射量 保溫簾幕上氣溫 外 氣 溫 室內外濕度	同　上	・簾幕可兼用遮光或日長控制 ・簾幕的開閉不只考慮室溫，也考慮左列計測因子之實測值。
	3. 暖 氣	a	室　溫 屋外日射量	暖氣機（溫風、溫水、溫排水、地熱等）	・依日射量變更設定值。
		b	外 氣 溫 室內外濕度	同　上	・考慮屋外氣象條件的時刻變化而預測控制。

表四　複合環境控制之機能[1]（續）

重要度	機　能	重要度	計測因子	機　器	備　考
B（付加機能）	4. CO_2 施用	a	（CO_2濃度）	CO_2 發生器	・不一定要使用感應器。
		b	屋外日射量	同　上	
	5. 灌溉（施肥）		（土壤水分含量）（積算日射量）	灌溉用泵浦 灌溉用水管	同　上
	6. 遮光		屋外日射量 室溫	遮光用簾幕 開閉用馬達	
	7. 細霧冷氣		室溫（室內溫度）	細霧發生用噴嘴、送水管、泵浦。	
	8. 藥劑散布			噴嘴、水管、泵浦等	
	9. 水耕		養液槽水位、養液溫、pH、EC	養液循環泵浦、加熱器、施肥裝置。	
	10. 太陽熱利用		日射量、外氣溫、蓄熱體溫度	熱交換裝置。	・今後愈形重要。

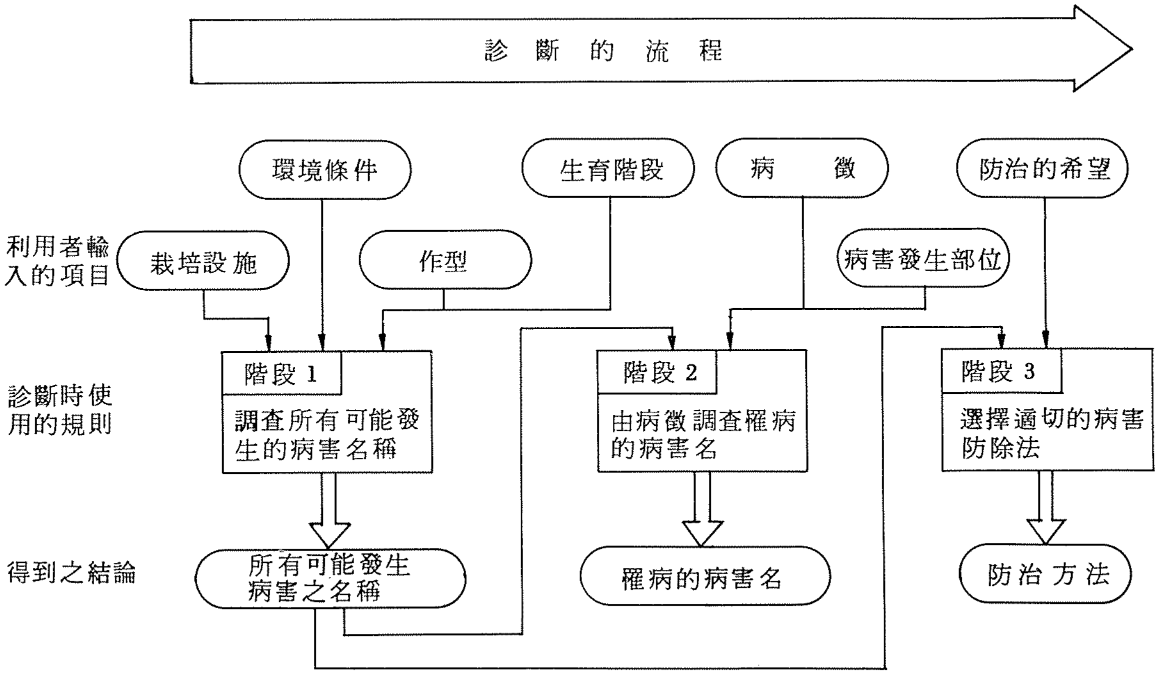
五、知識性電腦之應用

近年來應用知識工學（人工智慧）開發之專家型（Expert　system）軟體逐漸普遍。此類軟體蒐集、組合人們經長時間、經驗所得到主要由因果關係構成的專門性知識，以儘量類似人們的思考方法製作成電腦程式來行推論問題，協助一般利用者也能像專家一樣來解決高度的專門性問題。

專家型軟體可用於醫學、法律、政治、經濟及農業等多方面，已完成的系統幾乎只能於大型計算機或一些價位較高的電腦使用。目前以使用個人電腦，應用於園藝、農業方面的專家型軟體—MICCS（Microcomputer-based consultation development system for agricultural uses）也已開發，利用MICCS時使用簡易的對話系統，過程中皆有說明圖顯示，推論結果也有說明，讓使用者了解，可適合各層次知識的人。現在於農業方面已開發或正在開發的項目有：

1. 診斷方面：病害、土壤、營養、經營、生育、故障診斷等。
2. 預測方面：收穫量、病害、生育及氣象等。
3. 設計方面：溫室、農機、節省能源等。
4. 計畫方面：栽培、地域、生產、育種、防災等。
5. 檢索方面：植物、遺傳、新技術等。
6. 咨商方面：法律、營農等。
7. 教育方面：農業知識、電腦知識等。

以番茄病害診斷系統之診斷內容如圖四。診斷共分三個階段，在階段 1 由栽培設施（如溫室等）、環境條件（氣溫等）、作型（促成栽培等）、生育階段（收穫期等），診斷出所有可能發生的病害。階段 2 由病徵（如發霉等）、病害發生部位（在根部發生等），及階段 1 之結果，診斷出實際罹患之病害。在第 3 階段由希望防治的方法（如希望使用農藥來防治等），及階段 1 和階段 2 之結果選出適切的防治方法。此系統並不一定要遵循階段 1 →階段 2 →階段 3 的順序診斷，有時也可由階段 1 直接跳到階段 3 ，便可作爲病害的預防之目的使用。



圖四　番茄病害診斷系統施行之內容 (3)

六、結　　語

最近電腦科技在硬體方面的技術進展及低價格化日漸顯著，今後仍將持續此一傾向，電腦硬體方面應用於設施園藝實用上已沒有問題，而電腦應用效果的優劣問題點主要在於軟體的開發。本省之設施園藝欲步入省能源、省力、省資源的電腦化時代，固可先援用國外之研究成果，而其中或有不適於本省之設施園藝經營條件者，解決之道有：

1. 儘速蒐集本省設施園藝之相關基礎資料，建立設施園藝計畫及設計基準，以爲軟體開發之依據。
2. 結合生物與工學，建立本省溫室之複合環境控制模式及低價、耐久性感應器的開發。
3. 從業人員加強電腦教育以便施行及推廣。

參考文獻

1. 古在豐樹　1983　マイユンによる環境制御　野菜工場の技術と經濟性シーエムシー。
2. 古在豐樹　1985　施設園藝におけるコンピュータ利用　農耕と園藝別冊　誠文堂新光社。
3. 古在豐樹　1985　マイユンによる園藝農業用ユンサルテーションシステム　インフォーメション。
4. 矢吹萬壽等　1985　施設園藝學　朝倉書店。
5. 岡田益己　1986　溫室設計におけるパソコン　BASIC の活用施設園藝におけるユンピュータ利用セミナー講演要旨。
6. 高倉直　1981　溫室のマイクロコンピュータによる環境制御の現狀と將來の展望　農業設施 におけるマイクロコンピュータの利用講演要旨　農業施設學會。

SUMMARY

Since the rapid development of the technique in either software or hardware of computer, there are some countries like Netherland and Japan, having widely applied computer to design and management in agriculture. Taiwan is situated on the subtropical zone, the best area for agricultural production, but the dense population and limit land make the type of horticultural production under structure.

This content introduces the current development of computer applied to the horticultural production under structure in Japan, including design and environmental control of greenhouse, MICCS etc. It is hoping for this content can provide the farmer with basic concept of applying computer on horticultural management.

討　論

李　咋（台大園藝系）問：

1.電腦操作，在台灣高溫度設在最高溫 30℃，當你沒有這些降溫設施時，電腦如何控制？

2.Model ing 需要有光線、溫度、CO_2等環境的組合，看它們如何影響生長速率，在沒有這些基本資料下，如何操作電腦？

黃裕益答：

我想對這個問題，可能可以適應我剛才的結論，應該與李教授聯合共同開發，應是可行之道。

李金龍（農委會）發言：

電腦應用於設施環境之控制方面，是正確的方向。尤其是緊急事故處理方面，更可發揮效果。例如：寒害、雨害等之防治。

王豐政（中興大學農業機械工程系）問：

溫室內應用於電腦上之複合環境控制模式之定義及其如何建立？

黃裕益答：

此複合環境控制模式不是我建立的，是日本建立的。昨天與李咋教授的學生談，他們說南部有很多的溫室皆有自動控制天窗開閉的裝置。是由經營者自己設定固定溫室的溫度，若超過這個溫度，它只會做些關閉天窗的工作，而混合環境的控制，不只是控制溫度而已，還控制CO_2濃度。例如剛看到的，有窗簾和CO_2的發生器等裝置，關於詳細的內容，我現也正在學習中，若有興趣我們可共同研究。